

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. August 2002 (29.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/066927 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01C 19/56, G01P 9/04**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/04858**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Dezember 2001 (21.12.2001)

(73) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WILLIG, Rainer** [DE/DE]; Fellbacher Weg 21, 71732 Tamm (DE). **THOMAE, Andreas** [DE/DE]; Engelfriedshalde 99, 72076 Tuebingen (DE). **KUHLMANN, Burkhard** [DE/DE]; Schlachthofstrasse 1, 31785 Hameln (DE). **HAUER, Joerg** [DE/DE]; Unterer Muehlweg 7/3, 72762 Reutlingen (DE). **GOMEZ, Udo-Martin** [DE/DE]; Bruckenbachstrasse 17/1, 71229 Leonberg (DE). **GOETZ, Siegbert** [DE/DE]; Schillerstrasse 22, 70839 Gerlingen (DE). **DOERING, Christian** [DE/DE]; Robert-Leicht-Strasse 55, 70563 Stuttgart (DE). **FEHRENBACH,**

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

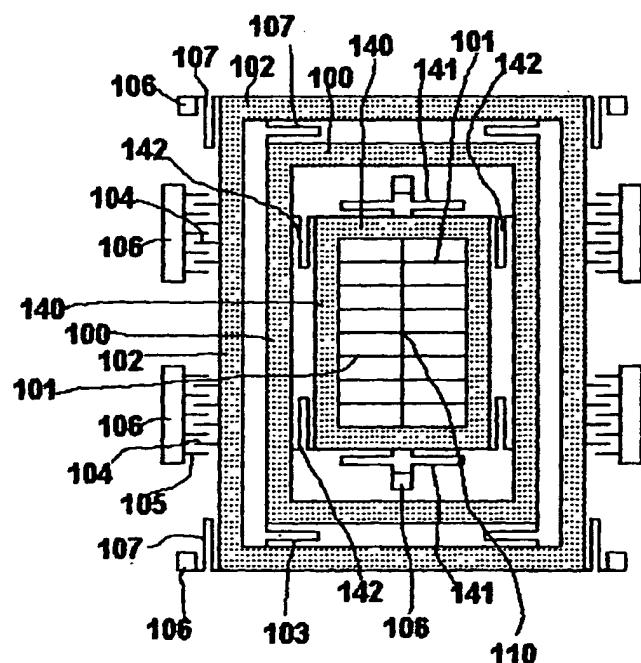
(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
101 08 198.7 21. Februar 2001 (21.02.2001) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

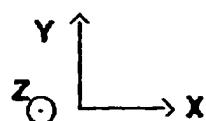
(54) Titel: ROTATIONAL SPEED SENSOR

(54) Bezeichnung: DREHRATENSENSOR



(57) Abstract: The invention relates to a rotational speed sensor comprising a Coriolis element (100) which is arranged on the surface (1) of a substrate. The Coriolis element (100) is excited in order to vibrate parallel to a first axis (X). The Coriolis element (100) is deflected on a second axis (Y) which is perpendicular to the first axis (X) by virtue of Coriolis force. A detection element (140) is provided for detecting said deflection.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Drehratensensor mit einem Coriolis-Elementen (100) vorgeschlagen, das über einer Oberfläche (1) eines Substrats angeordnet ist. Das Coriolis-Element (100) wird zu Schwingungen parallel zu einer ersten Achse X angeregt. Durch eine Coriolis-Kraft wird das Coriolis-Element (100) in einer zweiten Achse Y, die senkrecht zu der ersten Achse X ist, ausgelenkt. Für den Nachweis der Auslenkung ist ein Nachweiselement (140) vorgesehen.



WO 02/066927 A1



Michael [DE/DE]; Neckartenzlinger Strasse 31, 72766
Mittelstadt (DE). BAUER, Wolfram [DE/DE]; Viktor-Renner-Strasse 6, 72074 Tuebingen (DE). BISCHOF, Udo [DE/DE]; Im Wartwasen 18, 72287 Wammweil (DE). NEUL, Reinhard [DE/DE]; Pilsener Strasse 21, 70567 Stuttgart (DE). FUNK, Karsten [DE/US]; Miranda 4009, Palo Alto, CA 9430 (US). LUTZ, Markus [DE/US]; Miranda 4009, Palo Alto, CA 9430 (US). WUCHER, Gerhard [DE/DE]; Laura-Schradin-Weg 6, 72762 Reutlingen (DE). FRANZ, Jochen [DE/DH]; Lüftestrasse 59, 72762 Reutlingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Drehratensensor

10

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Drehratensensor nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs.

15

Aus der US 6067858 sind bereits Drehratensensoren bekannt, bei denen auf der Oberfläche eines Substrats ein Coriolis-Element angeordnet ist. Das Coriolis-Element wird zu Schwingungen in einer ersten Achse angeregt. Die

20

Auslenkungen des Coriolis-Element aufgrund einer Coriolis-Kraft in einer zweiten Achse, die ebenfalls parallel zum Substrat ist, wird nachgewiesen.

Vorteile der Erfindung

25

Der erfindungsgemäße Drehratensensor mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass sowohl ein Anregungselement wie auch ein Nachweiselement vorgesehen ist. Der Nachweis erfolgt daher an einem

30

Nachweiselement welches sich nur in der Nachweisrichtung bewegt. Die Anregung erfolgt mit einem Element welches sich nur in der Anregungsrichtung bewegt. Die Frequenzen der Schwingungen in den einzelnen Richtungen lassen sich bei einem derartigen System besonders einfach in jeder Richtung auslegen.

35

- 2 -

Weitere Vorteile und Verbesserungen ergeben sich durch die Maßnahmen der abhängigen Patentansprüche. Die Anregung der Schwingungen des Coriolis-Elements erfolgt besonders einfach durch ein Antriebselement, welches Antriebskräfte durch Federn überträgt. Das Coriolis-Element kann dabei vollständig an diesem Antriebselement aufgehängt werden. Als Anregungsmittel können dabei elektrostatische Kammantriebe am Antriebselement vorgesehen werden. Die Nachweiselemente werden besonders einfach so an dem Substrat aufgehängt, dass nur eine Bewegung in Richtung der Coriolis-Kräfte erfolgt. Störeffekte aufgrund einer Bewegung der beweglichen Elektroden, die nicht in der Nachweisrichtung sind, werden dadurch unterdrückt. Um in Nachweisrichtung auftretende Linearbeschleunigungen zu unterdrücken, kann ein weiteres Corioliselement vorgesehen werden. Um dann eine gegenphasige Schwingung der beiden Coriolis-Elemente zu gewährleisten, sollte sich die gegenphasige Schwingung frequenzmäßig eindeutig von der gleichphasigen Schwingung unterscheiden. Dazu können Kopplungsfedern zwischen Antriebselementen und/oder Coriolis-Elementen oder zwischen Antriebselementen und Nachweiselementen vorgesehen werden.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 eine Aufsicht auf einen ersten erfindungsgemäßen Drehratensensor, Figur 2 eine Detailansicht des Drehratensensors nach Figur 1, Figur 3 einen Querschnitt durch die Figur 2 und die Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Drehratensensors in einer Aufsicht.

Beschreibung

5 In den Figuren 1-3 wird ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert. In Figur 1 wird dabei eine Aufsicht auf den gesamten Drehratensor, in der Figur 2 eine Detailansicht eines Teils des Drehratensors und in der Figur 3 wird eine Seitenansicht eines Querschnitts durch die Figur 2 gezeigt.

10 In Figur 1 wird eine Aufsicht auf ein in der Figur 1 nicht näher dargestelltes Substrat 1 gezeigt, über dem ein Coriolis-Element 100 angeordnet ist. Das Coriolis-Element 100 ist als rechteckige, rahmenförmige Struktur ausgebildet. Das rahmenförmigen Coriolis-Elemente 100 umgibt ein ebenfalls rahmenförmiges Nachweiselement 140. Das 15 rahmenförmigen Coriolis-Elemente 100 wird von einem ebenfalls rechteckigen, rahmenförmigen Antriebselementen 102 umgeben. Die Verbindung zwischen dem Antriebselementen 102 und dem Coriolis-Elementen 100 wird durch Biegefedern 103 hergestellt. Die Biegefedern sind dabei so ausgebildet, dass sie in Y-Richtung weich ausgebildet sind und in X-Richtung steif ausgebildet sind. An dem Antriebselementen 102 sind 20 bewegliche Elektroden 104 befestigt, die kammartig in feststehende Elektroden 105 greifen. Die feststehenden Elektroden 105 sind durch Lagerblöcke 106 fest mit dem Substrat 1 verbunden. Weiterhin ist das Antriebselement 102 mittels Federn 107 mit weiteren Lagerblöcken 106 verbunden, 25 die ebenfalls fest mit dem Substrat 1 verbunden sind. Die Federn 107 sind weich in X-Richtung und steif in Y-Richtung.

30 Für den Nachweis einer Auslenkung des Coriolis-Elements 100 ist ein rahmenförmiges Nachweiselement 140 im Inneren der rahmenförmigen Coriolis-Elements 100 vorgesehen. Das Nachweiselement 140 ist ebenfalls als rechteckige Rahmenstrukturen ausgeführt, die mittels Federelementen 141 35 mit Lagerblöcken 106 mit dem Substrat 1 verbunden ist. Die

5 Federelemente 141 sind weich in Y-Richtung und steif in X-Richtung und erlauben somit im wesentlichen nur, dass der Nachweisrahmen 140 in Y-Richtung auslenkbar ist. Der Nachweisrahmen 140 ist durch Federelemente 142 mit dem Coriolis-Element 100 verbunden. Die Federelemente 142 sind in X-Richtung weich und in Y-Richtung steif ausgelegt und übertragen somit besonders gut die Coriolis-Kräfte in Y-Richtung. Im Inneren der Nachweisrahmen 140 sind 10 gitterförmige Auswertemittel 101 angeordnet, die in der Figur 1 nur angedeutet werden. Eine Detailansicht dieser Elemente entspricht den Figuren 2 und 3.

15 Der Drehratensor ist somit nur über die Lagerblöcke 106 mit dem Substrat 1 verbunden. Sowohl das Coriolis-Element 100 wie das Antriebselement 102 und das Nachweiselement 140 können somit relativ zum Substrat 1 bewegt werden. Die Bewegung dieser Elemente wird nur durch die Federelemente 103, 107, 141, 142 bestimmt.

20 25 30 35 Die Federn 107 sind so ausgelegt, dass sie in X-Richtung weich und in Y-Richtung steif ausgebildet sind. Das Antriebselement 102 kann sich somit im Wesentlichen nur entlang einer Bahn bewegen, die parallel zur X-Richtung ist. Das Coriolis-Element 100 ist über die Federn 103 mit dem Antriebselement 102 verbunden. Das Coriolis-Elemente 100 kann sich somit relativ zum Antriebselementen 102 im Wesentlichen nur in Y-Richtung bewegen. Bei einer Bewegung des Antriebselement 102 in einer Richtung, die parallel zur X-Richtung ist, wird natürlich auch das Coriolis-Elemente 100 in dieser Richtungen bewegt. Relativ zum Substrat 1 ist somit das Coriolis-Elemente 100 sowohl in einer Richtung parallel zur X-Richtung wie auch in Y-Richtung beweglich. Das Nachweiselement 140 ist durch die Federn 141 so mit dem Substrat 1 verbunden, so dass eine Bewegung relativ zum Substrat im Wesentlichen nur in einer Richtung parallel zur

Y-Richtung möglich ist. Durch die Federn 142 werden die auf das Coriolis-Element 100 in dieser Richtung wirkenden Kräfte auf das Nachweiselement 140 übertragen. Das Nachweiselement 140 wird somit bei einer Bewegung des Corioliselements 100 parallel zur Y-Richtung entsprechend verschoben.

Für die Beschreibung der Funktion des Sensors ist noch für das Coriolis-Element 100 ein Schwerpunkt 110 angegeben. Der Schwerpunkte liegen jeweils im Mittelpunkt der rahmenförmigen Coriolis-Elemente 100.

Durch Anlegen von elektrischen Spannungen zwischen den beweglichen Elektroden 104 und den feststehenden Elektroden 105 wird das Antriebselement 102 zu Schwingungen angeregt. Entsprechend werden auch das Coriolis-Element 100 zu Schwingungen angeregt. Der Schwerpunkt 110 des Coriolis-Elements 100 bewegt sich dann auf einer Achse, die parallel zur X-Achse ist. Der Schwerpunkt bewegt sich ohne die Einwirkung einer Corioliskraft (d.h. ohne eine Drehbewegung des Substrats um eine Achse die senkrecht auf dem Substrat 1 steht) auf einer Geraden. Wenn es zu einer Drehung des Substrats 1 um die Z-Achse kommt, d.h. um die Achse, die senkrecht auf dem Substrat 1 steht, so wirken auf das Coriolis-Element 100 eine Coriolis-Kraft, die senkrecht zu der Drehachse und senkrecht zu der Bewegungssachse sind. Diese Kräfte wirken dann in Y-Richtung und bewirkt eine Verschiebung des Coriolislements in der Y-Richtung. Die Verschiebung des Corioliselements 100 wird durch die Federn 142, die in Y-Richtung steif ausgebildet sind, auf das Nachweiselement 140 übertragen und bewirkt eine entsprechende Verschiebung des Nachweiselements 140, die mit den Nachweismittel 101 nachgewiesen wird.

Die beweglichen Elektroden 104 zusammen mit den feststehenden Elektroden 105 und dem Antriebselement 102

bilden somit ein Anregungsmittel, durch die das Coriolis-Element 100 zu Schwingungen angeregt wird, bei denen die Schwingungssachse des Schwerpunkts 110 parallel zum Substrat ausgerichtet ist.

5

In der Figur 2 wird eine vergrößerte Detailansicht der Auswertemittel 101 des Nachweiselements 140 der Figur 1 gezeigt. Das rahmenförmige Coriolis-Element 140 umgibt die Auswertemittel 101. Diese sind als gitterförmige Elektroden 121 ausgebildet, wobei eine Vielzahl von gitterförmigen Elektroden 121 innerhalb der rahmenförmigen Struktur des Nachweiselements 140 vorgesehen ist. Zur Stabilisierung sind diese gitterförmigen Elektroden 121 noch mit einem Mittelbalken 130 miteinander verbunden. Jede der Elektroden 121 bewegt sich zusammen mit dem Nachweiselement 140. Die Elektroden 121 sind zwischen feststehenden Elektroden 122, 123 angeordnet, die durch Lager 106 auf dem Substrat 1 befestigt sind. Die Elektroden 112, 123 sind somit als feststehende Elektroden ausgebildet, die sich relativ zum Substrat 1 nicht bewegen.

In der Figur 3 wird ein Querschnitt entlang der Linie III-III der Figur 2 gezeigt. Figur 3 zeigt im Querschnitt das Substrat 1 und eine auf der Oberfläche des Substrats angeordnete Leiterbahn 130. Auf dieser Leiterbahn 130 sind die Verankerungen 106 befestigt und somit fest mit dem Substrat 1 verbunden. Die Lager 106 und auch die daran befestigten Elektroden sind elektrisch leitend und werden durch die Leiterbahn 130 parallel geschaltet. Jede der beweglichen Elektroden 121 ist zwischen einer feststehenden Elektrode 122 und einer feststehenden Elektrode 123 angeordnet. Es werden so zwei Kondensatoren gebildet, zum einen zwischen der beweglichen Elektrode 121 und den Elektroden 122 und zum anderen zwischen der beweglichen

35

Elektrode 121 und der feststehenden Elektroden 123. Diese beiden Kapazitäten sind als Differentialkapazitäten ausgebildet, d.h. bei einer Zunahme der einen Kapazität verringert sich die andere Kapazität entsprechend. Durch die seitliche Versetzung der Lagerblöcke 106 der beiden Elektrodengruppen 122, 123 lassen sich durch entsprechende Leiterbahnen 130 jeweils die entsprechenden Kapazitäten miteinander parallel schalten.

5

In der Figur 3 ist im Querschnitt sehr gut zu erkennen, dass das Nachweiselement 140 über dem Substrat 1 angeordnet ist und dass auch die mit dem Nachweiselement 140 verbundenen Elektroden 121 über dem Substrat 1 angeordnet sind. Im Querschnitt wird der Schnitt durch die Lagerblöcke 106 der Elektroden 122 gezeigt, die durch die Lagerblöcke 106 auf der Leiterbahn 130 angeordnet sind und so fest mit dem Substrat 1 verbunden sind. Die Elektroden 123 werden im Querschnitt der Figur 3 ebenfalls über dem Substrat gezeigt. Sie sind jedoch an einer anderen Stelle mit dem Substrat 1 über eine entsprechende Leiterbahn 130 für diese Elektroden fest mit dem Substrat 1 verbunden.

10

15

20

Durch Messung der elektrischen Kapazität zwischen den Elektroden des Auswertemittels 101, insbesondere der beweglichen Elektrode 121 relativ zu den Elektroden 122 und 123, kann so die Auslenkung des Nachweiselements 140 relativ zum Substrat bestimmt werden. Es kann so die auftretende Corioliskraft bzw. die Drehrate mit der das Substrat gedreht wird bestimmt werden.

25

30

35

Für das Substrat 1 und die über dem Substrat angeordneten Elemente wie Coriolis-Element 100 Antriebselement 102, Nachweiselement 140, die Federn und Elektroden wird als Material vorzugsweise Silizium verwendet, welches durch entsprechende Dotierungen leitend ausgebildet ist. Das

Substrat kann durch isolierende Schichten dort wo es erforderlich ist, elektrisch isoliert werden. Es können aber auch andere Materialien wie Keramik, Glas oder Metalle für die Senoren verwendet werden.

5

Der Vorteil dieser Anordnung ist darin zu sehen, dass die gitterförmigen Elektroden 121 nur in Y-Richtung beweglich sind und somit keine Querbewegung relativ zu den feststehenden Elektroden 122, 123 erfolgt. Eine Bewegung in X-Richtung ist für die Messung nicht erwünscht und kann eine mögliche Quelle von Fehlern sein. Der Nachweisrahmen 140 und die Verankerung über die Federn 141 an das Substrat 1 sind so ausgeführt, dass die beweglichen Elektroden 121 nur eine Bewegung in Y-Richtung ausführen.

15

Bei dem Drehratensensor handelt es sich um ein schwingfähiges System bei dem Schwingungen in X-Richtung und Y-Richtung erfolgen. Dabei sind jedoch nicht in jede Richtung die gleichen Massen und Federn zu berücksichtigen, insbesondere können sich die Eigenschwingen in den unterschiedlichen Richtungen unterscheiden. Da bei einer Anregung der Schwingungen in den jeweiligen Richtungen die maximalen Auslenkungen auftreten wenn die Frequenz des anregenden Signals die Frequenz der Eigenschwingung annimmt, ist es für ein starkes Messignal von Vorteil, wenn die Anregungsfrequenz, die an den Elektroden 104, 105 angelegt wird, der Eigenschwingung in Y-Richtung entspricht. Die Eigenfrequenzen in den jeweiligen Richtungen ergeben sich aus den Massen und den Federkonstanten. Für die Schwingung in X-Richtung sind die Federkonstanten der Federn 107 und 142 in X-Richtung und die Massen des Antriebselementes 102 und des Coriolis-Elements 100 zu berücksichtigen. Für die Eigenschwingung in Y-Richtung sind die Federkonstanten der Federn 103 und 141 in Y-Richtung und die Massen des Coriolis-Elements 100 und des Nachweiselements 140 zu

berücksichtigen. Die Federkonstanten und die Massen sollten dabei so ausgelegt werden, dass die Frequenz der Eigenschwingung in X-Richtung und Y-Richtung in Wesentlichen gleich sind. Es kommt dann auch bei kleinen Drehraten zu großen Auslenkungen in Y-Richtung die sich leicht messen lassen.

In der Serienherstellung lassen sich jedoch Prozessschwanken nicht vermeiden, wodurch sich eine genaue Abstimmung der Frequenzen in beide Richtungen rein durch mechanische Mittel nicht gewährleisten lässt. Hier kann jedoch das Anlegen einer elektrischen Gleichspannung an den feststehenden Elektroden 122, 123 helfen. Durch das Anlegen von elektrischen Gleichspannungen lassen sich auslenkungsabhängige Kräfte in Y-Richtung erzeugen, die auf die beweglichen Elektroden 121 und somit auf das Nachweiselement 140 wirken. Dadurch resultiert eine Verringerung der Federkonstanten der Federn 141, so dass die Frequenz für die Schwingung in Y-Richtung verringert wird. Die Federkonstanten und die Massen sollten daher so ausgelegt werden, dass die Frequenz der Eigenschwingung in Y-Richtung ein wenig höher ist als die Frequenz der Eigenschwingung in X-Richtung. Durch die Auswahl einer entsprechenden Gleichspannung kann dann die herstellbedingte Streuung der Frequenzen in den beiden Richtungen ausgeglichen werden. Die Gleichspannung kann entweder an alle Elektroden zusätzlich zu einem Meßsignal angelegt werden oder es können zusätzliche Elektroden nur für die Gleichspannungen vorgesehen werden.

In der Figur 4 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Im Unterschied zur Figur 1 ist zusätzlich zu dem Corioliselement 100, wie es bereits zur Figur 1 beschrieben wurde, noch ein weiteres Corioliselement 200 vorgesehen, welches neben dem Corioliselement 100 über dem Substrat 1 angeordnet ist. Das weitere Corioliselement 200

wird ebenfalls von einem rahmenförmigen Antriebselement 202 umgeben und ist mit Federn 203 mit diesem verbunden. Das weitere Antriebselement 202 ist mit Federn 207 mit Lagerblöcken 206 mit dem Substrat verbunden. Das weitere Corioliselement 200 ist mit Federn 242 mit einem weiteren Nachweiselement 240 verbunden, das durch Federn 241 mit Lagerblöcken 206 mit dem Substrat 1 verbunden ist. Die Funktion der weiteren Elementen entsprechen der Funktion der Elemente wie sie zur Figur 1 beschrieben wurden, wobei sich das entsprechend funktionierende weitere Element durch Addition der Zahl 100 zu den Bezugszahlen der Figur 1 ergibt.

In der Figur 4 wird somit eine verdoppelte Ausführung des Sensors nach der Figur 1 gezeigt, wobei jedoch noch zusätzlich eine Koppelfeder 50 vorgesehen ist, mit der die beiden Antriebselemente 102 und 202 miteinander gekoppelt werden. Diese Koppelfeder muß für die Schwingung in X-Richtung berücksichtigt werden, wenn die beiden Antriebselemente 102 und 202 gegenphasige Schwingungen ausüben. Bei der gleichphasigen Schwingung wird die Feder 50 nicht deformiert, so dass bei diesem Schwingungsmodus die Feder 50 nicht berücksichtigt wird. Die beiden Schwingungsmodi unterscheiden sich somit in der jeweiligen Frequenz, so dass sie gezielt angeregt werden können. Es soll dabei gezielt eine gegenphasige Schwingung angeregt werden, da dann durch eine Subtraktion der Signale der Anteil an Linearbeschleunigungen, der in Y-Richtung auf die Corioliselemente 100, 200 und die Nachweiselemente 104, 240 wirkt, unterdrückt werden kann. Statt einer Koppelfeder zwischen den Antriebselementen 102, 202 können auch Koppelfedern zwischen den Corioliselementen und/oder den Nachweiselementen 140, 240 vorgesehen werden. Die jeweils umgebenden Rahmen müssen dazu jedoch mir Ausbrüchen versehen werden, durch die die Koppelfedern geführt werden.

Ansprüche

10 1. Drehratensensoren mit einem Coriolis-Element (100) das über einer Oberfläche eines Substrats (1) angeordnet ist, wobei Anregungsmittel (104, 105) vorgesehen sind, durch die das Coriolis-Element (100) zu Schwingungen parallel zu einer ersten Achse anregbar ist, wobei

15 Detektionsmittel (101) vorgesehen sind, durch die eine Auslenkung der Coriolis-Elemente (100) aufgrund einer Coriolis-Kraft in einer zweiten Achse, die senkrecht zu der ersten Achse ist, nachweisbar sind, wobei die erste und zweite Achse (X, Y) parallel zur Oberfläche des

20 Substrats (1) sind, dadurch gekennzeichnet, dass über der Oberfläche des Substrats (1) ein Anregungselement (102) und ein Nachweiselement (140) vorgesehen sind, dass das Anregungselement (102) mit einer Feder (103) mit dem Coriolis-Element (100) verbunden ist, die in

25 der ersten Achse steif und in der zweiten Achse weich ausgebildet ist, und dass das Nachweiselement (140) mit einer Feder (142) mit dem Coriolis-Element (100) verbunden ist, die in der ersten Richtung steif und in der zweiten Richtung weich ausgebildet ist.

30 2. Drehratensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebselement mit Federn (107) mit dem Substrat (1) verbunden ist, die in der ersten Achse X weich und in der zweiten Achse Y steif

ausgebildet sind und dass das Anregungsmittel (104) mit den Antriebselementen (102) verbunden ist.

3. Drehratensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Anregungsmittel als elektrostatischer Kammtrieb (104, 105) ausgebildet ist.
4. Drehratensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass für das Detektionsmittel ein Nachweiselement (140) vorgesehen ist, das mit Federn (142) mit dem Coriolis-Element (100) verbunden ist, wobei die Federn in der ersten Achse X weich und in der zweiten Achse Y steif ausgebildet sind.
5. Drehratensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Nachweiselement (140) bewegliche Elektroden (121) aufweist, die feststehenden Elektroden (122, 123) gegenüberliegend angeordnet sind, die mit dem Substrat (1) verbunden sind.
6. Drehratensor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Nachweiselemente (140, 240) mit Federn (140, 141, 241) mit dem Substrat (1) verbunden sind, die in der ersten Richtung X steif und in der zweiten Richtung Y weich ausgebildet sind.
7. Drehratensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Masse des Corioliselements (100), des Nachweiselements (140) und des Antriebslements (102) und die Federkonstanten der Federn in der ersten Richtung und in der zweiten Richtung so gewählt werden, dass sich die Frequenzen der Eigenschwingungen des Drehratensors in den beiden Richtungen im wesentlichen gleichen.

8. Drehratensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz der Eigenschwingung in der zweiten Richtung geringfügig höher gewählt wird, und dass durch Einbringen von zusätzlichen Kräften in der zweiten Richtung die Frequenzen der Eigenschwingungen des Drehratensors in den beiden Richtungen abgestimmt werden.
- 10 9. Drehratensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiteres Corioliselement (200) vorgesehen ist, und dass durch eine Koppelfedern (50) das Corioliselement (100) und das weitere Corioliselement (200) miteinander gekoppelt werden.
- 15

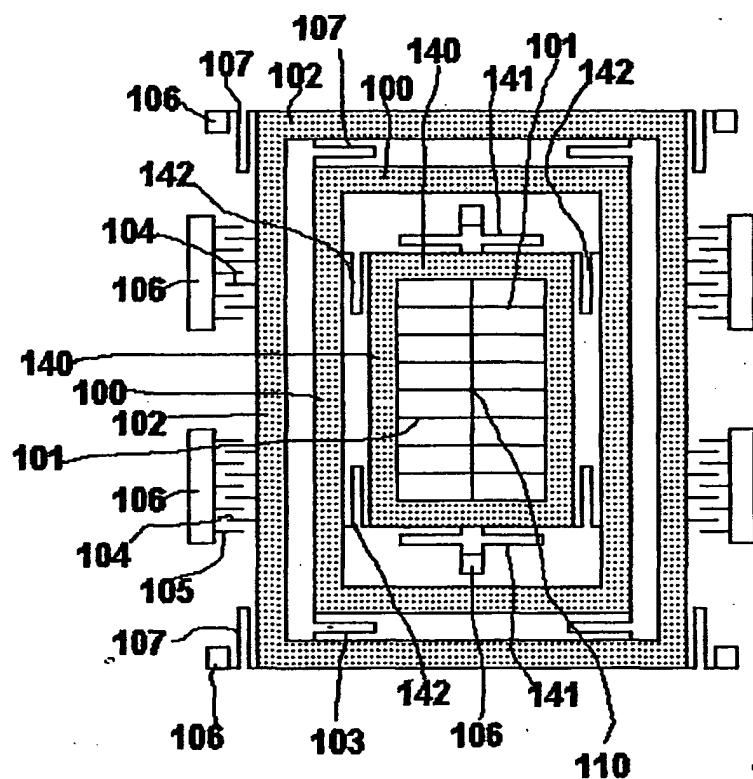
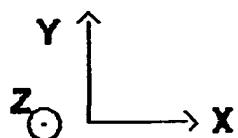


Fig.1

- 1 -



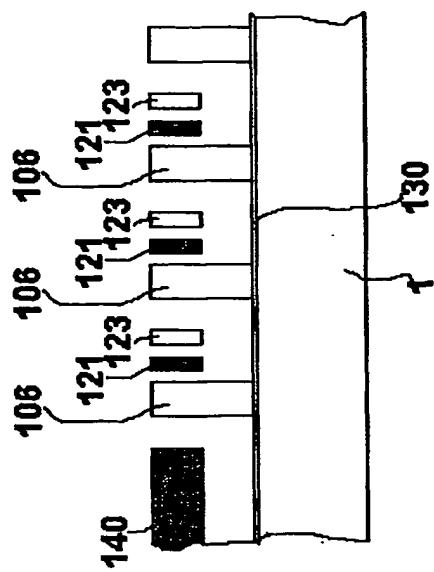


Fig. 3

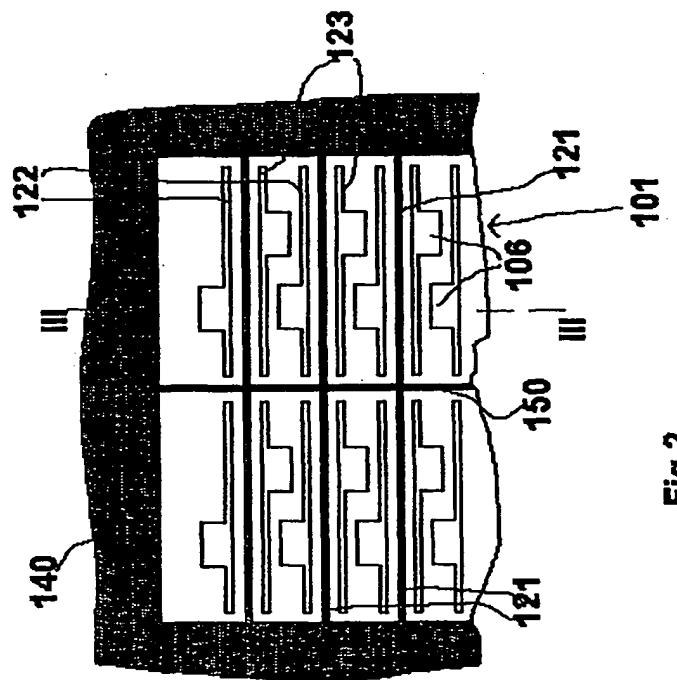
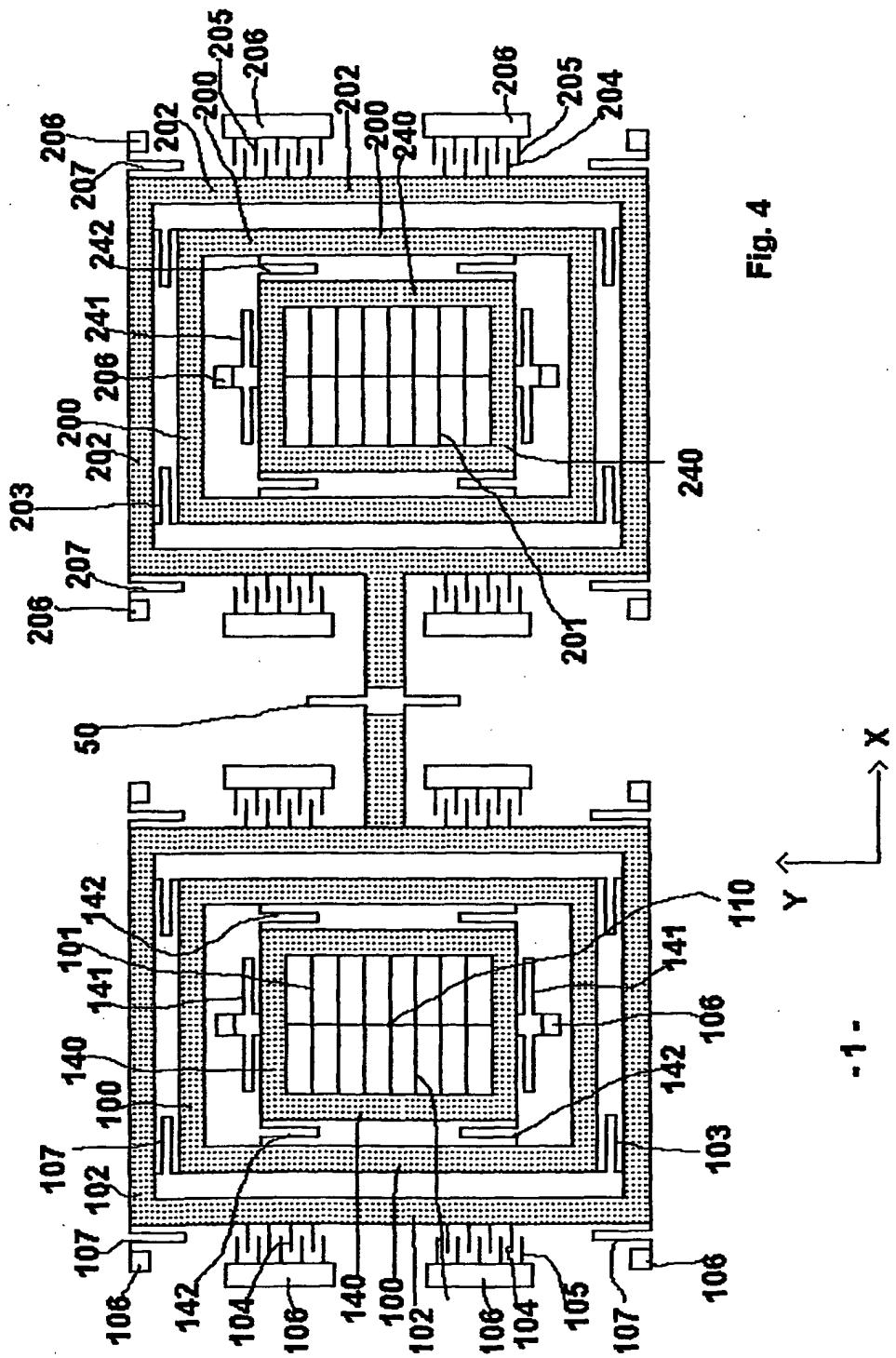


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Patent Application No
PCT/DE 01/04858A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 601C19/56 601P9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 601C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 35 605 A (DENSO CORP) 25 January 2001 (2001-01-25) column 4, line 27 –column 5, line 26; figure 1	1
A	WO 98 15799 A (INSTITUT FÜR MIKRO- UND INFORMATIONSTECHNIK HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHAFT) 16 April 1998 (1998-04-16) page 23, line 24 –page 25, line 29; figure 5	1

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

31 May 2002

Date of mailing of the International search report

07/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Final Application No

PCT/DE 01/04858

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 10035605	A	25-01-2001	DE 10035605 A1 JP 2001091265 A	25-01-2001 06-04-2001
WO 9815799	A	16-04-1998	DE 19641284 C1 DE 59700804 D1 WO 9815799 A1 EP 0906557 A1 JP 2000509812 T US 6349597 B1	20-05-1998 05-01-2000 16-04-1998 07-04-1999 02-08-2000 26-02-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

•males Altenzeichen

PCT/DE 01/04858

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 601C19/56 601P9/04

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 601C

Recherchierte aber nicht zum Mindeststoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 35 605 A (DENSO CORP) 25. Januar 2001 (2001-01-25) Spalte 4, Zeile 27 -Spalte 5, Zeile 26; Abbildung 1	1
A	WO 98 15799 A (INSTITUT FÜR MIKRO- UND INFORMATIONSTECHNIK HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHAFT) 16. April 1998 (1998-04-16) Seite 23, Zeile 24 -Seite 25, Zeile 29; Abbildung 5	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
 - "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
 - "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
 - "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
 - "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kolidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

31. Mai 2002

07/06/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patenttaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoekstra, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

als Aktenzeichen

PCT/DE 01/04858

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10035605	A	25-01-2001	DE JP	10035605 A1 2001091265 A	25-01-2001 06-04-2001
WO 9815799	A	16-04-1998	DE DE WO EP JP US	19641284 C1 59700804 D1 9815799 A1 0906557 A1 2000509812 T 6349597 B1	20-05-1998 05-01-2000 16-04-1998 07-04-1999 02-08-2000 26-02-2002